(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Bonn, Arbeitsgruppe Mammalogie)

Die Grünfärbung des Hörnchens *Aethosciurus poensis poensis*

Von

HEIDI BIEBER[1]), ERNST LUBNOW und EVA ELBERN

Einleitung

Viele Tiere sind farblich an ihre Umgebung angepaßt. So zeigen z. B. außer Vögeln auch einige Säuger in der Blattregion des tropischen Regenwaldes eine der Licht- und Schattenwirkung des Blattwerks der Bäume entsprechende olivgrüne Färbung, genannt „Urwaldfarbe" (Meerkatzen, baumbewohnende Nager; Eidmann 1943). Da Säuger bekanntlich nur Melanine (gelb bis schwarzbraun) als Farbstoff produzieren, müssen in diesen Fällen zur Erzielung des erwünschten Effektes Mechanismen benutzt werden, die primär nicht zu deuten sind.

Es liegt nahe, hier nach morphologischen Ursachen zu suchen. In diesem Sinne ist die vorliegende Arbeit zu verstehen, die durch genauen Vergleich der Haare verschieden gefärbter Felle Aufschluß über das Zustandekommen ungewöhnlicher Fellfärbungen geben soll. Hörnchen des Kamerungebirges (Eisentraut 1957, 63, 65) bieten dazu Möglichkeiten. Neben rot- bis rostbraun gefärbten Hörnchen, die in der unteren bis mittleren Baumregion leben, existiert dort ein kleines grünes Hörnchen, das ziemlich versteckt die mittlere Baumregion und den unterständigen Bewuchs bewohnt.

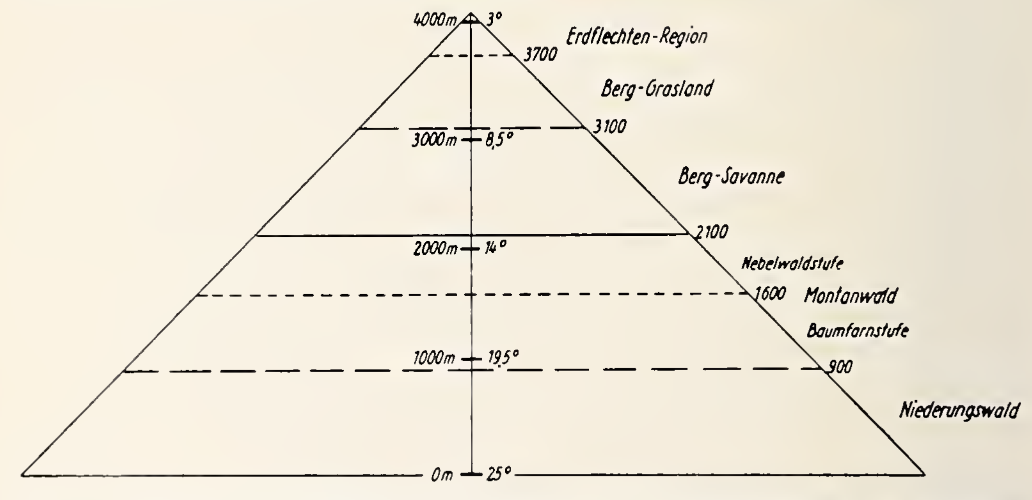


Abb. 1. Schema der Höhenstufen am Hang des Kamerungebirges in fünffacher Überhöhung mit eingetragenen Durchschnittstemperaturen (Eisentraut 1957).

[1]) Diese Arbeit wurde durch ein Habilitandenstipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Material und Methoden

Die nachstehend aufgeführten Untersuchungs-Exemplare verdanken wir Herrn Prof. Eisentraut. Es wurden die Felle von 5 Hörnchen (Familie Sciuridae) untersucht, die drei verschiedenen Arten angehören. Sie stammen alle vom Kamerungebirge im westlichen Zentralafrika (Tabelle 1).

Aethosciurus poensis ist ein kleines Hörnchen aus der unteren Laub- und Blattregion. Sein Rücken wirkt olivgrün, sein Bauch ist heller und gelblich-grün.

Funisciurus leucogenys kommt ebenso wie *Heliosciurus rufobrachium* in der mittleren bis unteren Baumregion vor und bewegt sich gelegentlich auch in Bodennähe. Bei beiden Arten ist der Rücken im Niederungswald rot- bzw. rostbraun, im Montanwald in höheren Lagen hingegen erheblich heller. Von beiden Arten wurde daher je ein Tier aus dem Niederungswald (Nr. 670 und 215) und aus dem Montanwald (Nr. 44 und 49) untersucht.

Die Farbunterschiede im Fell treten an der Körperunterseite besonders hervor; deshalb haben wir die Färbung der Bauchseiten in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Das Untersuchungs-Material. Zur Vegetation in den verschiedenen Höhenlagen vergl. Abb. 1.

Tier-Nr.	Art und Unterart	Fang-datum	Fundort, Höhe	Farbe der Bauchseite
151	*Aethosciurus poensis poensis*	5. 12. 57	NO-Seite des Kamerungebirges, 150 m	olivgrün
670	*Funisciurus leucogenys auriculatus*	23. 2. 58	N-Seite des Kamerungebirges, 600 m	rotbraun
44	*Funisciurus leucogenys auriculatus*	15. 11. 57	oberhalb Buea, 1600 m	gelblich-weiß
215	*Heliosciurus rufobrachium obfuscatus*	17. 12. 57	NO-Seite des Kamerungebirges, 150 m	rostbraun
49	*Heliosciurus rufobrachium obfuscatus*	16. 11. 57	oberhalb Buea, 1600 m	grau

Um an den Haaren die Unterschiede der Pigmentierung in Form und Farbe festzustellen, wurden von allen Tieren die Haare an der gleichen Körperstelle entnommen. Durch mehrtägiges Einlegen in Glycerin entlüftet man die Haare bei einer Temperatur von 60 °C. (Dieses Verfahren läßt die Übergänge zwischen den Pigmentzonen deutlich hervortreten). Dann erfolgte das Ausmessen der unterschiedlich gefärbten Haarabschnitte, analog zur Haarmessung an anderen Kleinsäugern bzw. Nagern (Danneel 1947, 1949; Lubnow 1966; Bieber 1969, 1970). Die jeweils 50 Meßwerte für Spitzenlänge, Bindenbreite und die Größe k_1 (= Spitze + Binde) sind unter der binokularen Lupe mit einer Okularstrichplatte ermittelt worden und zwar in Klassen von 0,5 Einheiten (1E = 1 mm).

Darauf folgte das Auszählen der Markzellreihen an der jeweils breitesten Stelle in der Binde. Später zeichneten wir halbschematisch und maßstabgerecht bei 800-facher Vergrößerung von jedem der fünf Bälge einen Ausschnitt der Binde in den Rückenhaaren. Das gezeichnete Haar entsprach in der Breite und Anzahl der Markzellreihen dem Mittelwert des jeweiligen Tieres, d. h. die Einzelabbildungen in Abb. 2 charakterisieren die Breite bzw. Dicke der Rückenhaare des entsprechen-

den Tieres. Außerdem zeigt Abb. 2 (Nr. 151 a) den Ausschnitt eines Haares vom grünen Hörnchen aus der Bauchregion.

Alle Bälge wurden endlich nach dem CIE-System photometrisch gemessen — siehe Tabelle 3 (Lubnow und Niethammer 1963; Lubnow 1966; Knipräth 1967). Die Messungen sind am Elrepho der Firma Zeiss vorgenommen worden, und nach

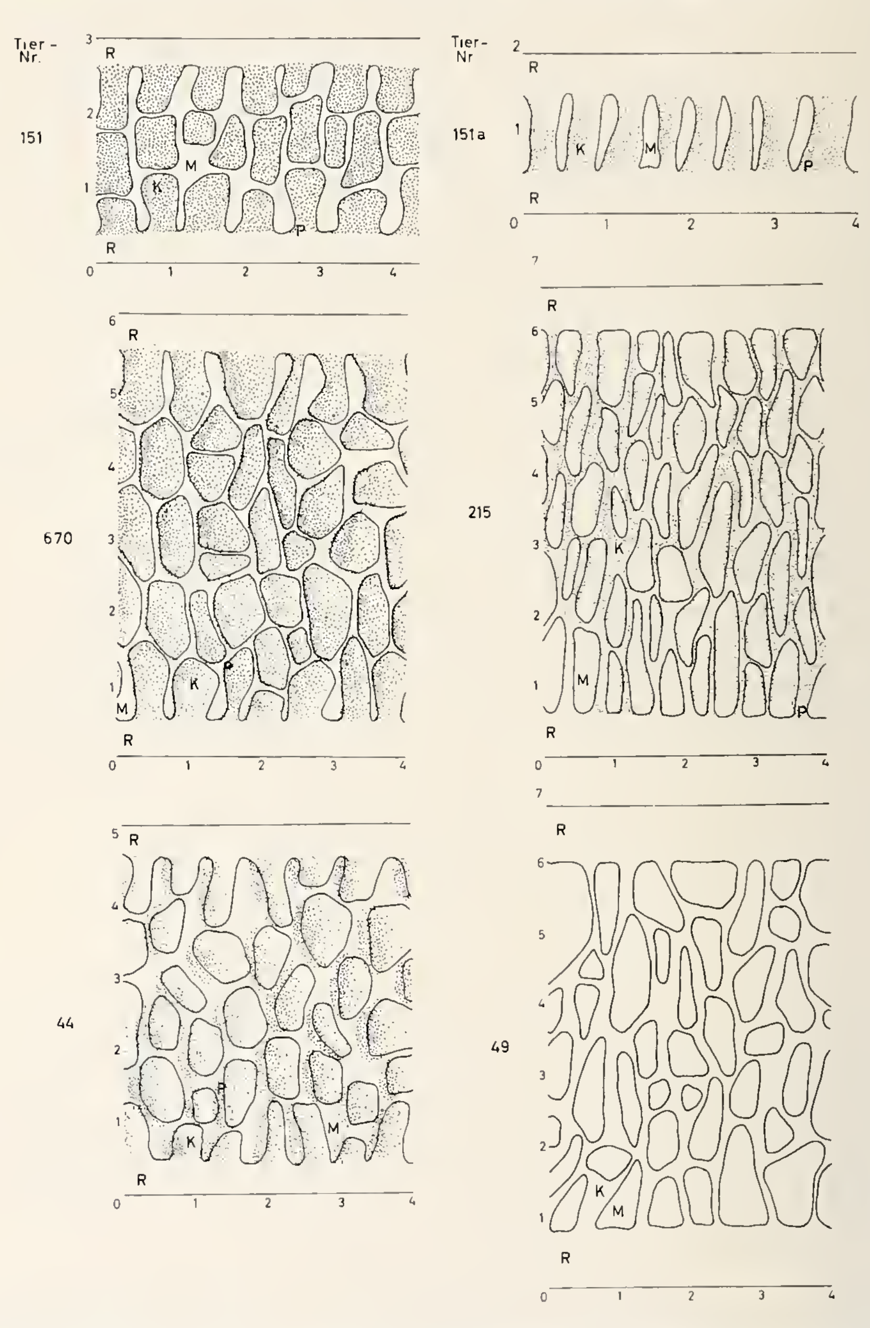


Abb. 2. Ausschnitt aus dem mittleren Bindenbereich der Rückenhaare aller 5 Hörnchen aus Tabelle 1. 1 Skaleneinheit = 0,012 mm. Nr. 151 ist das grüne Hörnchen *Aethosciurus poensis*. Von ihm ist in Nr. 151 a auch ein mittleres Bauchhaar dargestellt. — R = Rinde; K = Keratinbrücke; M = Markzelle; P = Pigment.

der Umrechnung[1]) erhielt man drei charakteristische Daten für den Farbton jedes Felles (die farbtongleiche Wellenlänge λ, die Sättigung p und die Helligkeit Y).

Ergebnisse

Die mikroskopische Untersuchung des Bindenbereichs an den Rückenhaaren der verschiedenen Tiere erbrachte folgendes Ergebnis:

Bei *Funisciurus* (Nr. 670) und *Heliosciurus* (Nr. 215) aus dem Niederungswald (auf 600 bzw. 150 m Höhe gefangen) erscheinen die Binden stark rötlich pigmentiert. Die Keratinbrücken sind bei *Funisciurus* (Abb. 2, Nr. 670) von grobkörnigem, bei *Heliosciurus* (Abb. 2, Nr. 215) von ganz kleinkörnigem gelbem Pigment besetzt. Die Farbe von *Funisciurus* (Nr. 670) erscheint noch etwas intensiver rötlich als die von *Heliosciurus* (Nr. 215). Die Wellenlänge 592 von *Funisciurus* (Nr. 670) liegt auch noch mehr im roten Bereich des Spektrums, und die Sättigung beträgt 34 % der Spektralfarbe gegenüber einer Wellenlänge von 584 und einer Sättigung von 31 % bei *Heliosciurus* (Nr. 215; s. Tabelle 3).

Die beiden Tiere aus dem Montanwald von 1600 m Höhe zeigen wesentlich blasser gefärbte Bindenbereiche. Die Pigmentkörner in der Binde von *Funisciurus* (Abb. 2, Nr. 44) sind hellgelb, und die Keratinbrücken sind weit schwächer mit Pigmentkörnern besetzt als bei den dunkel-rotbraun gefärbten Hörnchen (vgl. Nr. 670 und 215). Bei dem grau gefärbten Exemplar von *Heliosciurus* (Abb. 2, Nr. 49) sind dagegen bei gleicher Vergrößerung keine Pigmentkörner in der Binde sichtbar, und der Farbeindruck ist gelblich-weiß. Die Wellenlänge von *Funisciurus* (Nr. 44) liegt wieder im gelben Bereich bei 588, die von *Heliosciurus* (Nr. 49) niedriger, bei 582; die Sättigung ist bei *Funisciurus* mit den noch sichtbaren Pigmentkörnern mit 38 % etwas höher als die Sättigung des sehr hell-gelben Hörnchens *Heliosciurus* von 31 % (Tabelle 3).

Bei dem olivgrünen Hörnchen *Aethosciurus* erscheint die Binden-Pigmentierung derjenigen der rötlich gefärbten Tiere sehr ähnlich (Abb. 2, Nr. 151). Die Binde wirkt um einige Nuancen heller als bei den rötlichen Tieren, ein Grünton ist jedoch unter dem Mikroskop nicht festzustellen. Ebenso sieht das Bauchhaar aus (Abb. 2, Nr. 151 a), das auch keinerlei Grün-Schattierung aufweist. Die Wellenlänge von *Aethosciurus* liegt auf dem Bauch mit 581 im unteren gelben Bereich des Spektrums, die Sättigung am Bauch ist sehr hoch: 57 %. Am Rücken von *Aethosciurus* dagegen drückt schon die Wellenlänge 568 den Olivton der Gesamtfärbung aus, die Sättigung liegt bei beiden *Heliosciurus* bei 31 % (Tabelle 3).

---

[1]) Für die farbtongleiche Wellenlänge λ und die Sättigung p wurden die Remissionswerte von der Rechenanlage IBM 7090/1410 am Bonner Institut für angewandte Mathematik ausgewertet. Für die Benutzung des Computers danken wir der GMD; das Programm hat uns freundlicherweise Dr. Kniprath überlassen.

Tabelle 2: Mittelwerte für die durchschnittliche Zahl der Markzellreihen im Bindenbereich sowie für Spitzenlänge, Bindenbreite und k_1.

Tier-Nr.	Mittelwert der Markzellreihen, s. S. 3	Mittelwert in mm für		
		Spitze	Binde	k_1
151	3,26 ± 0,39	0,68	0,72	1,4
670	5,34 ± 0,69	2,1	2,2	4,3
44	5,56 ± 0,66	2,2	1,8	4,0
215	5,68 ± 0,69	2,8	1,1	3,9
49	5,90 ± 0,57	2,6	1,0	3,6

Tabelle 3: Photometrische Werte

Tier-Nr.	Photometrische Werte der Bauchregion		
	Helligkeit Y	Sättigung p	Wellenlänge λ
151	20,13	0,57	581
670	23,0	0,67	585
44	40,0	0,45	580
215	13,0	0,60	584
49	15,0	0,36	580

Tier-Nr.	Photometrische Werte der Rückenregion		
	Helligkeit Y	Sättigung p	Wellenlänge λ
151	5,37	0,31	568
670	2,7	0,34	592
44	3,1	0,38	588
215	4,3	0,31	584
49	3,9	0,31	582

Das einzige auffallende Phänomen ist die relative Verbreiterung der Rinde an den Rückenhaaren des grünen Hörnchens. Daraus resultiert eine Zunahme von Bereichen im Haar, die nicht mit gelb-roten Pigmentkörnern besetzt ist.

Reines Keratin, aus dem die Rinde und die Keratinbrücken gebildet sind, hat eine gelblich-grüne Farbe der farbtongleichen Wellenlänge 500 und eine Sättigung von 8 % (Lubnow 1963). Wir setzten die Keratinfläche im optischen Längsschnitt des Haares zur Gesamtfläche in Relation und fanden bei *Aethosciurus* 70 % Keratinanteile. Die Keratinanteile der Vergleichstiere liegen wesentlich tiefer (Tabelle 4).

Auch die Markzellen scheinen bei *Aethosciurus* ziemlich stark zusammengedrückt zu sein. Beim Vergleich der Flächen von Keratin und Markzellen (wieder im optischen Längsschnitt des Haares) hat das grüne Hörnchen die geringste Markzellen-Fläche aller Vergleichstiere.

Tabelle 4: Verhältnis der Flächen von Keratin und Markzellen (Keratinanteile jeweils = 1 gesetzt — s. Abb. 2) sowie Gesamthaarflächen in E^2 mit dem jeweiligen prozentualen Keratinanteil.

Tier-Nr.	Art	Verhältnis Keratin : Markzellen	Gesamthaarflächen in E^2 (1 E = 0,012 mm)	Keratin-anteil in %
151	*Aethosciurus*	1 : 1,42	12,0	70,37
670	*Funisciurus*	1 : 1,71	24,3	58,61
44	*Funisciurus*	1 : 1,93	20,5	43,29
215	*Heliosciurus*	1 : 2,33	26,9	46,20
49	*Heliosciurus*	1 : 2,04	27,6	53,95

Ein weiterer Faktor kommt hinzu: die Keratinbrücken sind nicht bei allen Tieren gleich dicht von gelben oder rötlichen Pigmentkörnern besetzt. Wiederum ist bei *Aethosciurus* der Teil der Keratinbrücken, der von rötlichem Pigment überdeckt ist, geringer als bei den anderen Hörnchen (Tabelle 5). Bei *Aethosciurus* kommt also die grünliche Farbe des Keratins besser zur Geltung als bei den anderen Tieren, da sie nicht so stark vom Rot-Ton der Pigmentkörner überlagert wird.

Es ergab sich auch ein reziprokes Verhältnis von Wellenlänge des Rückenfells und der Keratinfläche, die nicht von Pigmentkörnern bedeckt ist (Tabelle 5). — Bei diesem Vergleich mußte das Tier Nr. 49 ausscheiden, weil wir bei ihm nicht bestimmen konnten, wo das wohl sehr kleinkörnige gelbe Pigment sitzt.

Tabelle 5: Vergleich von pigmentlosem Keratin und Wellenlänge.

Tier-Nr.	Art	nicht von Pigment verdeckte Keratin-anteile, bezogen auf die Gesamthaarfläche	Wellen-länge
151	*Aethosciurus*	25,93 %	568
215	*Heliosciurus*	18,15 %	584
44	*Funisciurus*	17,32 %	588
670	*Funisciurus*	16,50 %	592

Zusammenfassung

Es sollte versucht werden, den olivgrünen Farbton des Felles von *Aethosciurus p. poensis* zu erklären. Dabei ergaben sich beim Vergleich des grünen Hörnchens aus dem tropischen Regenwald am Kamerungebirge und anderen, rötlich oder gelblich gefärbten Hörnchen aus derselben Gegend keine gravierenden morphologischen Haarstruktur-Unterschiede.

Bei der mikroskopischen Untersuchung des Bindenbereichs an Rückenhaaren aller Versuchstiere fand sich kein Unterschied im Bau oder der Verteilung der Markzellen. Auch die Farbe der Pigmentkörner, nämlich

rot-braun bei *Aethosciurus,* stellt keine Besonderheit gegenüber den Hörnchen *Funisciurus* bzw. *Heliosciurus* dar.

Der Unterschied lag in der Menge des gesamten wie des nicht von Pigmentkörnern verdeckten Keratins in der Binde der Rückenhaare. Dabei verschiebt sich die Wellenlänge des Felles mit zunehmendem Keratinanteil in den gelb-grünen Bereich des Spektrums, da Keratin selbst eine grünliche Farbe von der Wellenlänge 500 besitzt. Die Sättigung der Eigenfarbe des Keratins liegt zwar bei 8 % sehr niedrig, durch den starken Anstieg der sichtbaren Keratinfläche tritt indessen die an sich schwache Eigenfarbe des Keratins doch deutlich hervor.

Literaturverzeichnis

Bieber, H. (1969): Das Haarfarbmuster wildfarbiger Hauskaninchen und sein Einfluß auf die Fellfarbe. — Z. wiss. Zool. 179: 300—332.

Bieber, H. und E. Lubnow (1970): Die Farbanpassung mit ihren genetischen und modifikatorischen Ursachen bei der Hausmaus *Mus musculus* und der afrikanischen Bergratte *Aethomys namaquensis.* — Z. Naturforschung 25 b: 389—398.

Danneel, R. (1947): Phänogenetische Untersuchungen über die Haar- und Fellzeichnung des Wildkaninchens. — Biol. Zentralbl. 66: 330—343

— (1949): Haarmuster und Fellzeichnung des Wildkaninchens. — Verh. Dt. Zool. Ges. in Kiel 1948: 36—41.

Eidmann, H. (1943): Tarnung und Schmuck der Tierwelt im tropischen Regenwald. — Natur und Volk 73: 208—226.

Eisentraut, M. (1957): Beitrag zur Säugetierfauna des Kamerungebirges und Verbreitung der Arten in den verschiedenen Höhenstufen. — Zool. Jb. Abt. Syst. 85: 619—672.

— (1963): Die Hörnchen von Fernando Poo. — Bonn. zool. Beitr. 14: 177—186.

— (1965): Rassenbildung bei Säugetieren und Vögeln auf der Insel Fernando Poo. — Zool. Anz. 174: 37—53.

Frank, F. (1939): Die Färbung der Vogelfeder durch Pigmente und Struktur. — J. Orn. 87: 426—523.

Kniprath, E. (1967): Die Bestimmung der Helmholtzkoordinaten von Feder- und Haarfarben im ICI (= IBK = CIE) System. — Bonn. zool. Beitr. 18: 297—307.

Lubnow, E. (1963): Die Melanine bei Vögeln und Säugern. — J. Orn. 104: 69—81.

— (1966): Farbuntersuchungen an Eichhörnchen aus verschiedenen Höhenlagen des Kamerungebirges. — Bonn. zool. Beitr. 17: 45—52.

Lubnow, E. und G. Niethammer (1963): Zur Methodik von Farbmessungen für taxonomische Untersuchungen. — Verh. Dt. Zool. Ges. in München 1963: 646—663.